

UJI EKSPERIMENTAL KUAT LENTUR PELAT BONDEK BETON KONVENSIONAL DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL RECYCLE

Rian Rustopo, Dewi Sulistyorini, Dimas Langga Chandra Galuh
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyatan Tamansiswa Yogyakarta
(rianrustopo04@gmail.com)

Abstrak

Pelat lantai merupakan salah satu komponen struktur konstruksi pada suatu bangunan, baik itu gedung perkantoran, gedung sekolah, rumah sakit, maupun rumah tinggal biasa. Umumnya, pelat lantai dibangun dengan konstruksi beton bertulang sebagai dasar utamanya. Pelat lantai adalah struktur yang pertama kali menerima beban, baik itu beban mati maupun beban hidup yang kemudian akan mendistribusikan beban tersebut pada struktur yang ada di bawahnya. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan tahapan perencanaan 4 varian campuran benda uji, yaitu beton normal, beton dengan material *recycle* 10%, beton dengan material *recycle* 20%, dan beton dengan material *recycle* 30%, dimana material *recycle* disubstitusikan sebagai agregat kasar yang masing – masing varian campurannya yaitu 3 buah silinder dengan dimensi berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm dan 3 buah pelat bondek dengan dimensi ukuran 50x26x10 cm, dengan total keseluruhan 24 benda uji silinder dan pelat. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kuat lentur pelat bondek beton konvensional dengan menggunakan material *recycle* mendapatkan nilai rata – rata pada setiap campurannya adalah SCN : 8,31 MPa, SC-R10% : 8,54 MPa, SC-R20% : 8,3 MPa, dan SC-R30% : 7,61 MPa, pada umur beton 28 hari.

Kata kunci: pelat lantai, pelat bondek, kuat lentur, dan material *recycle*.

Pendahuluan

Latar Belakang

Pada pembangunan sebuah gedung, elemen pelat merupakan bagian dari struktur atas. Gedung adalah wujud fisik dari hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas / di dalam tanah / air yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya. (KEPPRES No. 28/2002)

Pembangunan gedung diselenggarakan melalui berbagai tahapan pekerjaan konstruksi. Pekerjaan konstruksi adalah rangkaian kegiatan perencanaan dan pelaksanaan serta pengawasan yang meliputi pekerjaan struktur, arsitektural, mekanikal dan elektrikal, serta tata lingkungan, beserta kelengkapannya masing – masing dalam mewujudkan suatu bangunan. (KEPPRES No. 19/1999)

Pada pembangunan gedung bertingkat pekerjaan struktur pelat lantai telah mengalami perkembangan dari segi metode, peralatan, maupun materialnya. Salah satunya adalah menggunakan pelat komposit bondek, untuk pekerjaan pelat lantai digunakan bondek sebagai pengganti bekisting, oleh karena itu penulisan tugas akhir ini mengacu pada analisa kuat lentur pelat lantai menggunakan bondek dengan melakukan inovasi pada agregatnya, yaitu menggunakan campuran material *recycle*, karena *recycle* merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dibuat suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa perbandingan campuran agregat yang baik jika ditinjau dari kuat tekan beton, jika material *recycle* disubstitusikan sebagai agregat kasar?
2. Apakah beton dengan menggunakan perbandingan dan campuran material *recycle* bisa menghasilkan beton dengan kekuatan yang diinginkan?

3. Berapa kuat lentur pelat bondek dengan menggunakan campuran material recycle?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menentukan perbandingan campuran yang baik agar menghasilkan pelat beton yang kuat.
2. Untuk melakukan pengujian kuat lentur pelat beton bondek.
3. Untuk mengetahui kuat lentur pelat bondek dengan menggunakan campuran material recycle.
4. Untuk mengetahui tipe keruntuhan atau pola retak pada benda uji pelat beton.

Manfaat Penelitian

Penulisan dan penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa :

1. Memberikan alternatif pada campuran beton, yaitu menggunakan material *recycle* sebagai agregat kasar.
2. Manfaat untuk lingkungan adalah untuk mengurangi limbah beton material.
3. Sebagai perbandingan antara beton normal dengan beton yang menggunakan material *recycle*.

Tinjauan Pustaka

Lentur Pelat

Buen Sian, Adhijoso Tjondro, Riani Sidaurok, Sisi Nova Rizkiani (2013) Beton recycle merupakan material sisa hasil pengujian yang sudah tidak dimanfaatkan lagi, dan digunakan sebagai agregat pengganti untuk pembuatan balok dan pelat pada penelitian ini. Tiga variasi campuran berbeda direncanakan dengan beton recycle ini yaitu dengan mutu beton rencana $f'c = 20 \text{ MPa}$. Untuk campuran yang pertama menggunakan 100% material recycle sebagai agregat kasar dan 0% material recycle agregat halus, campuran ke-dua menggunakan perbandingan 80% dan 20%, campuran ke-tiga menggunakan perbandingan 60% dan 40%. Kemudian sembilan benda uji dengan tiga variasi campuran yang berbeda, hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan, kuat geser, kuat kekuatan belah, dan kuat lentur menurun pada benda uji yang menggunakan lebih banyak material recycle.

Tiga variasi campuran yang berbeda dengan material recycle juga direncanakan mutu beton $f'c = 25 \text{ MPa}$ yaitu dengan perbandingan 0%, 50%, dan 100% material recycle, pengujian menunjukkan bahwa karakteristik kuat tekan adalah $f'c = 28,7 \text{ MPa}$ dan $f'c = 28,4 \text{ MPa}$ pada masing – masing campuran yaitu 50% dan 100%, kuat belah adalah $f_{ct} = 2,38 \text{ MPa}$, $f_{ct} = 2,78 \text{ MPa}$ dan $f_{ct} 2,81 \text{ MPa}$ pada campuran 0%, 50%, dan 100% campuran beton recycle.

Landasan Teori

Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak digunakan pada dunia konstruksi. Bangunan dari beton diantaranya adalah gedung, jalan raya, jembatan, jalan kereta api, bendungan, pipa saluran, fondasi, dan lain – lain. Beton adalah bahan komposit yang cukup rumit, terdiri dari agregat yang berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) dan pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat (*binder*).

Meskipun beton dapat dibuat dengan mudah, tetapi dalam merencanakan campuran beton perlu pengetahuan teknologi beton yang cukup untuk menghasilkan beton dengan mutu yang baik. Pada umumnya beton mempunyai komposisi pasta semen hanya sebesar 20-35% terhadap volume total beton tetapi sangat memegang peranan penting terutama untuk perbandingan berat antara air / semen. Semakin besar rasio berat air / semen maka semakin berkurang kekuatan beton sedang

agregat mengisi volume beton sebesar 65 – 80%. Semen yang digunakan untuk beton mempunyai banyak tipe dan jenisnya dengan komposisi kimiawi yang berbeda. Sedangkan agregat mempunyai ukuran, bentuk, gradasi, kekerasan, berat jenis yang berbeda. Sehingga dalam merencanakan campuran beton perlu diperhatikan sifat – sifat bahan dasar tersebut, karena bisa mempengaruhi kekuatan beton. Selain pengendalian mutu bahan, diperlukan juga pengendalian selama pelaksanaan dan pengendalian perawatan selama masa pengerasan supaya menghasilkan beton berkualitas baik sesuai spesifikasi yang diinginkan.

Beton mempunyai kuat tekan jauh lebih besar dibandingkan kuat tariknya. Sehingga selalu diperlukan perkuatan tulangan baja pada daerah tariknya menjadi beton bertulang untuk struktur bangunan. Beton bertulang bisa dipakai untuk hampir semua bangunan termasuk struktur yang lebih berat. Beton non struktural bisa digunakan untuk beton isolasi dan beton arsitektural.

Beton Recycle

Beton daur ulang (*recycle*) sudah dikenal cukup lama dalam rangka menjawab tantangan akan banyaknya limbah industri konstruksi dan menjaga sumber daya alam. Dibeberapa negara agregat alami harganya sangat mahal dan limbah industri harus dikirim ke TPA yang membutuhkan biaya penanganan dan pengangkutannya. Beberapa pengujian beton yang menggunakan agregat daur ulang sudah dilakukan sejak awal 1980. Meskipun ada perbedaan formula yang cukup berarti, namun kesimpulan dari pengujian beton daur ulang yang sudah dilakukan perlu dipertimbangkan. Sifat beton dengan agregat daur ulang jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat alami antara lain :

- a. Kuat tekan menurun sebesar 10% - 30 %
- b. Kuat tarik lebih rendah tidak lebih dari 10%
- c. Modulus elastisitas menurun sebesar 10%
- d. Susut lebih besar 20% - 55% sedangkan *creep* lebih kecil hingga 10% (El-Reedy, 2009)

CMRA (*Construction Materials Recycling Association*) adalah salah satu asosiasi yang mempromosikan limbah konstruksi daur ulang. Amerika sendiri sudah melakukan daur ulang beton sebesar 140 juta ton setiap tahunnya dengan memanfaatkan reruntuhan struktur atau jalan raya. *California Departement of General Services* 2011 mengeluarkan peraturan yang cukup ketat dan batasan tentang beton daur ulang, berhubung banyaknya limbah beton yang ada. Diantara peraturan dan pembahasan itu menyatakan agregat beton daur ulang atau *Recycled Concrete Aggregates* (RCA) adalah agregat yang terbentuk dari proses pemecahan, pengukuran, pencucian, dan pemilihan dari beton keras yang ada. RCA tidak diijinkan untuk digunakan pada beton struktur, tapi dapat diaplikasikan pada beton non struktural, seperti batas jalan, *pavement*, *landscape*, dan sejenisnya.

Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran (*mix desain*) mempunyai tujuan untuk mendapatkan proporsi masing – masing bahan untuk menghasilkan beton berkualitas dan ekonomis. Bahan tersebut biasanya adalah air, semen, pasir, dan batu pecah untuk beton normal tanpa bahan tambahan. Sebelum perencanaan campuran perlu diketahui beberapa hal penting, misalnya jenis struktur, kondisi lingkungan, kuat rencana, jenis semen, kualitas air, sifat agregat, dan lain-lain. Sifat agregat sendiri meliputi gradasi, kadar air, daya serap, berat jenis relatif, ukuran butir terbesar.

Perencanaan campuran adukan beton normal pada penelitian ini menggunakan metode perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI 03-xxxx-2002).

Kuat Tekan Beton

Pada peraturan beton Indonesia yang baru, (SNI 03-2847-2002), kekuatan material beton dinyatakan oleh kuat tekan benda uji berbentuk silinder (f_c') dengan satuan Mpa. Perubahan dari K menjadi f_c' atau dari benda uji kubus menjadi silinder, disebabkan karena SNI mengacu pada peraturan ACI 318. Benda uji silinder yang dimaksud memiliki diameter 15 cm, tinggi 30 cm, dan berumur 28 hari.

Benda uji dibuat terutama untuk mengevaluasi apakah campuran beton mencapai kuat rencana yang diinginkan. Beton segar yang telah dicetak, perlu perawatan selama 24 jam pertama, baru acuan bisa dilepas dan biasanya direndam dalam air. Pengujian kuat tekan penting juga untuk memperkirakan kuat yang lain, seperti kuat lentur dan kuat tarik beton. Perhitungan kuat tekan beton menggunakan persamaan :

$$f_c = P/A \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

f_c = Kuat tekan beton (*Mpa*)

P = Beban hancur (*N*)

A = Luas penampang tertekan rata – rata (*mm²*)

Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur menggunakan benda uji pelat bondek beton konvensional menggunakan material recycle dengan menggunakan tulangan *wiremesh* dilakukan pada saat beton berumur minimal 28 hari. Kuat lentur beton dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

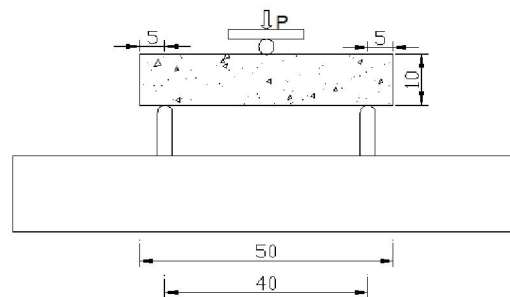
σ = Kuat Lentur (*Mpa*)

P = Beban maksimum (*N*)

L = Panjang bentang pengujian (*mm*)

b = Lebar Benda Uji (*mm*)

d = Tinggi Benda Uji (*mm*)

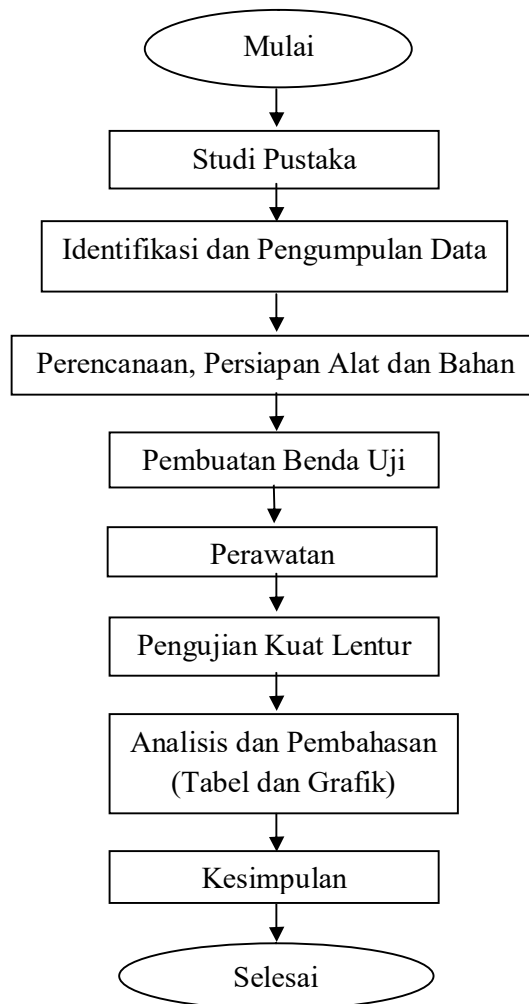


Gambar 1 *Set Up* Pengujian Kuat Lentur Pelat

Metodologi Penelitian

Bagan Alir Penelitian

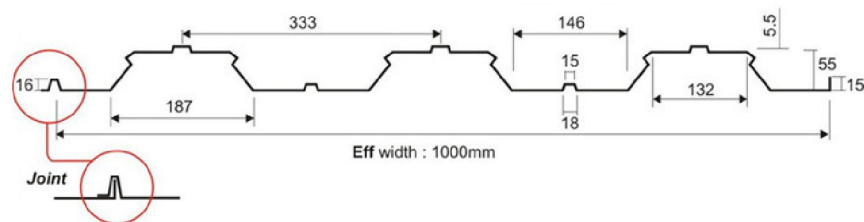
Metode yang digunakan pada analisis kuat lentur pelat bondek beton konvensional menggunakan material recycle adalah menggunakan metode pengujian. Secara garis besar tahapan yang pelaksanaan proses penelitian dapat dilihat sebagai berikut :



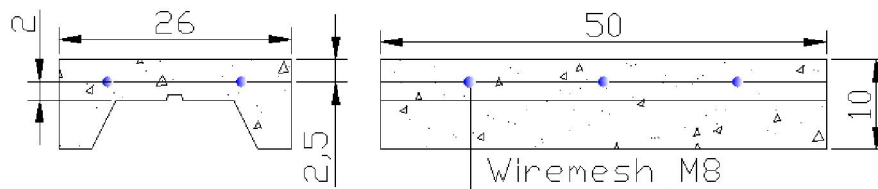
Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

Pemodelan Benda Uji

Berdasarkan spesifikasi benda uji pelat beton bondek dapat dimodelkan dengan gambar teknis untuk memperjelas seperti apa benda uji yang akan dibuat.



Gambar 3 Lebar Efektif Bondek(mm)



Gambar 4 Detail Potongan Melintang dan Memanjang Benda Uji (cm)

Spesifikasi Benda Uji Pelat Lentur

Pada studi eksperimental ini direncanakan empat macam variasi benda uji pelat lentur dengan proporsi campuran yang berbeda, untuk spesifikasi benda uji pelat lentur dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Spesifikasi Benda Uji Pelat Lentur

No	Benda Uji	Tulangan (D = ± 7,7 mm)	Bondek (mm)	Proporsi Campuran Material Recycle (%)	Proporsi Campuran Kerikil (%)	Jumlah Benda Uji (Buah)
1	S-CN	Wiremesh M8	0,70	0 %	100 %	3
2	S-CR 1	Wiremesh M8	0,70	10 %	90 %	3
3	S-CR 2	Wiremesh M8	0,70	20 %	80 %	3
4	S-CR 3	Wiremesh M8	0,70	30 %	70 %	3

Keterangan :

S-CN = Pelat Beton Normal

S-CR = Pelat Beton Recycle

Spesifikasi Benda Uji Silinder

Pada studi eksperimental ini juga direncanakan empat macam variasi benda uji silinder dengan proporsi campuran dan spesifikasi benda uji silinder yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Benda Uji Silinder

No	Benda Uji	Proporsi Campuran Material Recycle (%)	Proporsi Campuran Kerikil (%)	Jumlah Benda Uji (Buah)
1	S-CN	0 %	100 %	3
2	S-CR 1	10 %	90 %	3
3	S-CR 2	20 %	80 %	3
4	S-CR 3	30 %	70 %	3

Hasil dan Pembahasan

Pemeriksaan Sifat – Sifat Fisik Agregat Halus

Pemeriksaan sifat – sifat fisik agregat halus (pasir) mengacu pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Nokus Frans dengan judul *Analisis Kuat Lentur Balok Dengan Tulangan Kabel Streng*.

Uji Slump

Pada penelitian ini uji slump dilakukan satu kali pada setiap varian campuran beton uji, yaitu pada campuran beton normal, beton recycle 10%, 20% dan 30%, yang hasilnya dimasukkan pada tabel berikut :

Tabel 3 Uji Slump Campuran Beton

No	Uji Slump Campuran Beton			
	SCN (cm)	SC-R10% (cm)	SC-R20% (cm)	SC-R30% (cm)
1	10	11	8,5	9

Penimbangan Benda Uji

Setelah melalui proses perendaman selama kurang lebih 28 hari beton diangkat dari bak perendaman, kemudian didiamkan selama kurang lebih 24 jam agar beton kering. Kemudian beton silinder maupun pelat ditimbang dengan tujuan untuk mengetahui berat kering beton.

1) Berat Silinder

Tabel 4 Berat Silinder

No	Benda Uji Silinder			
	SCN (gr)	SC-R10% (gr)	SC-R20% (gr)	SC-R30% (gr)
1	12.129	12.297	12.331	11.939
2	12.251	12.241	12.135	12.100
3	12.143	12.326	12.205	11.991
Berat Rata – Rata				
4	12.174	12.288	12.223	12.010

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa berat silinder beton mempunyai perbedaan berat yang cukup signifikan pada setiap campurannya, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui berat satuan volume rata – rata pada benda uji silinder dengan persamaan sebagai berikut :

Berat Satuan = Berat / Volume (kg/m^3)

Volume Silinder = $0,0053 \text{ m}^3$

- SCN = $12,174/0,0053$
= $2296,98 \text{ kg/m}^3$
- SC-R10% = $12,288/0,0053$
= $2318,5 \text{ kg/m}^3$
- SC-R20% = $12,223/0,0053$
= $2306,22 \text{ kg/m}^3$
- SC-R30% = $12,010/0,0053 \text{ kg/m}^3$
= $2266,03 \text{ kg/m}^3$

Berdasarkan perhitungan berat satuan di atas, berat satuan beton silinder pada masing – masing campuran sudah mendekati dan sesuai dengan berat beton rencana yang diinginkan yaitu sebesar 2280 kg/m^3 .

2) Berat Pelat

Sama halnya dengan beton silinder, benda uji pelat juga dilakukan penimbangan untuk mengetahui berapa berat pelat pada masing – masing campuran, yang selanjutnya disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 5 Berat Benda Uji Pelat

No	Berat Benda Uji Pelat			
	SCN (gr)	SC-R10% (gr)	SC-R20% (gr)	SC-R30% (gr)
1	22.885	21.224	21.614	21.710
2	21.365	21.489	22.216	21.789
3	21.812	21.470	21.798	22.374
Berat Rata – Rata Benda Uji Pelat				
4	22.020	21.400	21.876	21.957

Pengujian Kuat Tekan Silinder

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton silinder berumur 28 hari setelah beton melewati masa *curing* dan pengujian dilakukan pada 12 buah beton benda uji yang terdiri dari 4 variasi campuran dengan masing – masing campuran terdiri dari 3 buah benda uji. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan diperoleh hasil pengujian kuat tekan maksimum beton silinder sebagai berikut :

Tabel 6 Pembebanan Maksimum Benda Uji Silinder

No	Pembebanan Maksimum Pada Beton Silinder			
	SCN (ton)	SC-R10% (ton)	SC-R20% (ton)	SC-R30% (ton)
1	40	52	50	47
2	42	45	56	46
3	40	46	52	38
Pembebanan Maksimum Rata – Rata Beton Silinder				
4	40,67	47,67	52,67	42,67

Perhitungan Kuat Tekan Silinder

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan silinder, telah diperoleh kuat tekan maksimum silinder dari empat varian campuran benda uji. Dengan data tersebut dilakukan perhitungan kuat tekan beton dengan persamaan sebagai berikut.

$$f'c = P/A \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

P = Beban hancur (N)

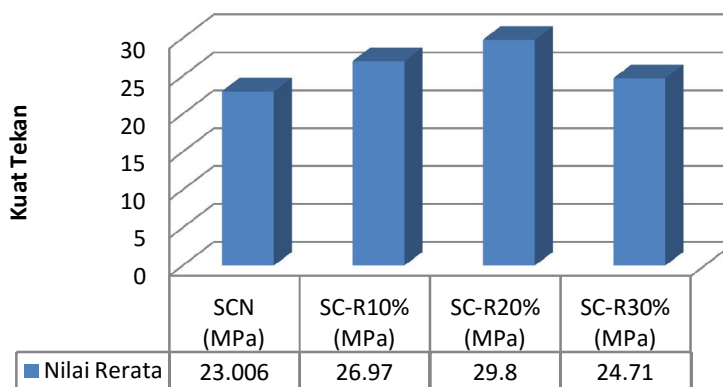
A = Luas penampang tertekan rata – rata (mm^2)

Berdasarkan perhitungan kuat tekan yang dilakukan berdasarkan persamaan di atas, didapatkan hasil perhitungan kuat tekan silinder uji sebagai berikut :

Tabel 7 Kuat Tekan Silinder Uji

No	Kuat Tekan Silinder Uji			
	SCN (MPa)	SC-R10% (MPa)	SC-R20% (MPa)	SC-R30% (MPa)
1	22,63	29,42	28,3	26,6
2	23,76	25,46	31,68	26,03
3	22,63	26,03	29,42	21,5
Kuat Tekan Rata – Rata Silinder Uji				
4	23,006	26,97	29,8	24,71

Kuat Tekan Silinder Uji



Gambar 5 Diagram Kuat Tekan Silinder Uji Rata – Rata

Berdasarkan diagram diatas dapat dilihat bahwa dari hasil perhitungan rata-rata setiap varian campuran mengalami kenaikan kuat tekan terhadap silinder beton normal, dengan prosentase kenaikan kuat tekan benda uji SC-R10% terhadap SCN naik sebesar 17,2%, sedangkan kuat tekan benda uji SC-R-20% terhadap SCN naik sebesar 30%, dan kuat lentur benda uji SC-R30% terhadap SCN naik sebesar 7,4%.

Sedangkan untuk rasio perbandingan kuat tekan rata – rata benda uji silinder adalah sebagai berikut :

Tabel 8 Rasio Kuat Tekan Rata – Rata Benda Uji Silinder

No	Benda Uji	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)	Rasio
1	SCN	23,006	1
2	SC-R10%	26,97	1,172
3	SC-R20%	29,8	1,3
4	SC-R30%	24,71	1,07

Pengujian Kuat Lentur Pelat

Pengujian kuat lentur dilakukan setelah pelat beton berumur 28 hari dan pengujian dilakukan pada 12 buah pelat beton dengan dimensi 50x 26 x 10 (cm), yang terdiri dari 4 variasi campuran dengan masing – masing campuran terdiri dari 3 buah benda uji, pengujian dilakukan dengan memberikan pembebanan satu titik pada pelat. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan diperoleh hasil pengujian kuat tekan maksimum pelat beton sebagai berikut :

Tabel 9 Pembebanan Maksimum Pelat

No	Pembebanan Maksimum Pada Pelat			
	SCN (ton)	SC-R10% (ton)	SC-R20% (ton)	SC-R30% (ton)
1	4,3	3,8	-	3,5
2	3,425	3,675	3,5	2,85
3	3,075	3,625	3,7	3,55
Pembebanan Maksimum Pelat Rata - Rata				
4	3,6	3,7	3,6	3,3

Keterangan : untuk benda uji pelat beton SC-R20% (no 1) mengalami kesalahan pada saat pengujian sehingga hasil tidak dicantumkan pada tabel.

Perhitungan Kuat Lentur Pelat

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur pelat bondek, dengan memberikan pembebanan satu titik pada pelat, dan diambil pembebanan melintang pada setengah panjang pelat, telah diperoleh nilai kuat tekan maksimum pelatbondek dari empat varian campuran benda uji. Dengan data tersebut dilakukan perhitungan untuk menentukan berapa kuat lentur pelat bondek dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

σ = Kuat Tekan Lentur (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

L = Jarak Bentang Antara Dua Garis Perletakan (mm)

b = Lebar Tampang Lintang Patah Arah Horizontal (mm)

h = Tinggi Tampang Lintang Arah Vertikal (mm)

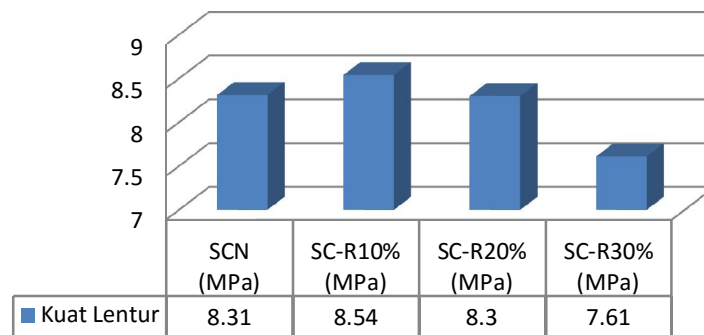
Berdasarkan perhitungan kuat lentur pelat yang sudah dilakukan berdasarkan persamaan di atas, didapatkan hasil kuat lentur pelat bondek sebagai berikut:

Tabel 10 Kuat Lentur Pelat

No	Kuat Lentur Pelat			
	SCN (MPa)	SC-R10% (MPa)	SC-R20% (MPa)	SC-R30% (MPa)
1	9,93	8,77	-	8,07
2	7,9	8,5	8,07	6,57
3	7,1	8,37	8,53	8,2
Kuat Lentur Rata – Rata				
4	8,31	8,54	8,3	7,61

Berdasarkan tabel diatas didapatkan rata – rata nilai kuat lentur pelat dari empat proporsi campuran yang berbeda, untuk benda uji SC-R20% (no 1) tidak dicantumkan dalam tabel karena terjadi kesalahan pada saat pengujian, selanjutnya kuat lentur rata – rata pelat disajikan dalam bentuk diagram sebagai berikut :

Kuat Lentur Pelat Rata - Rata



Gambar 6 Diagram Kuat Lentur Pelat Rata - Rata

Berdasarkan diagram diatas dapat dilihat bahwa dari hasil perhitungan rata-rata setiap varian pelat beton uji mengalami kenaikan dan penurunan kuat lentur terhadap pelat beton normal, dengan prosentase kenaikan kuat lentur benda uji SC-R10% terhadap benda uji SCN naik sebesar 2,7%, sedangkan kuat lentur benda uji SC-R20% terhadap benda uji SCN turun sebesar 0,1%, dan kuat lentur benda uji SC-R30% terhadap benda uji SCN turun sebesar 8,4%.

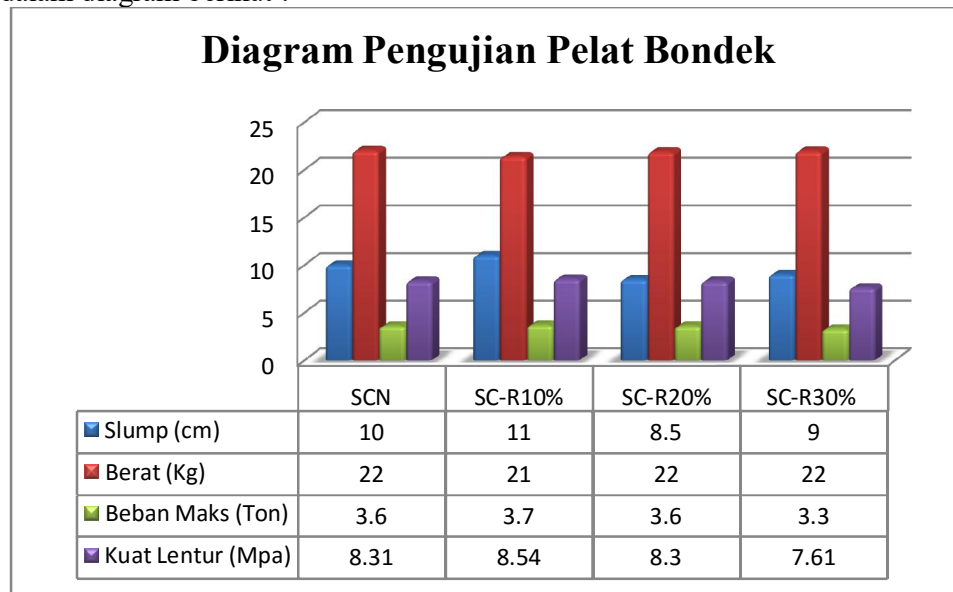
Tabel 11 Rasio Perbandingan Kuat Lentur Pelat

No	Benda Uji	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)	Rasio
1	SCN	8,31	1
2	SC-R10%	8,54	1,3
3	SC-R20%	8,3	0,99
4	SC-R30%	7,61	0,91

Diagram Pengujian Pelat Bondek

Dari pengujian pelat bondek yang sudah dilakukan berdasarkan metode penelitian yang direncanakan, yang diantaranya adalah, uji slump, penimbangan berat beton, pembebanan

maksimum, dan perhitungan kuat lentur, kemudian dari 4 hasil pengujian dan perhitungan tersebut disajikan dalam diagram berikut :



Gambar 7 Diagram Pengujian Pelat Bondek

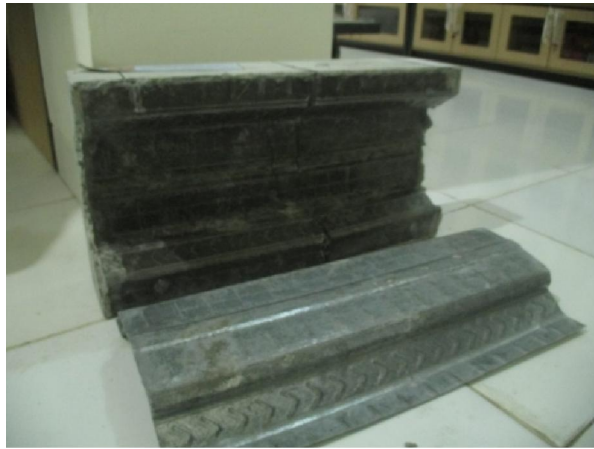
Berdasarkan diagram di atas dapat dilihat selisih yang cukup signifikan pada setiap variasi benda uji pelat bondek, dimana dari indikator pertama, yaitu pada nilai slump, sangat mempengaruhi mutu beton yang direncanakan.

Pola Retak Pelat Bondek

Kerusakan atau pola retak yang terjadi pada benda uji pelat, baik pelat beton normal maupun pelat dengan material *recycle* setelah dilakukan pengujian kuat lentur, dengan memberikan beban pada satu titik pada benda uji merupakan tipe kerusakan lentur, karena retakan terjadi pada titik pembebanan dengan arah vertikal, dan bondek juga mengalami kerusakan karena pengaruh beban dan retakan pada pelat beton yang mengakibatkan bondek sedikit bengkok dan mengelupas dari pelat beton, untuk kerusakan pada pelat sendiri dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 8 Pola Retak Vertikal Pelat Bondek



Gambar 9 Bondek Mengelupas Dari Pelat Beton

Pengaruh Ketidak Seragaman Material *Recycle* Pada Pelat Beton

Penelitian ini memanfaatkan beton *recycle* yang disubstitusikan sebagai agregat kasar sebagai campuran beton yang dibagi menjadi 4 varian campuran yang berbeda, yang masing – masing campurannya berjumlah 3 buah benda uji, dimana untuk material *recycle* menggunakan bekas beton uji dari laboratorium Teknik Sipil UTY yang diantaranya merupakan beton bekas benda uji silinder, balok dan pelat, dengan mutu beton yang berbeda - beda.

Berdasarkan material yang digunakan sebagai campuran beton, terdapat ketidak seragaman pada material beton *recycle*, dimana ketidak seragaman tersebut mempengaruhi kuat tekan beton uji, karena berdasarkan hasil pengujian, untuk kuat tekan pelat bondek dari 4 varian benda uji, rasio pelat bondek mengalami kenaikan dan penurunan terhadap beton normal.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Perbandingan campuran material yang baik jika ditinjau dari kuat tekan beton jika material *recycle* disubstitusikan sebagai agregat kasar adalah, campuran beton dengan proporsi material *recycle* 10% dan 20%, karena kuat tekan beton mengalami kenaikan, sedangkan untuk campuran dengan proporsi material *recycle* 30%, kuat tekan beton mengalami penurunan yang cukup drastis, dan dapat diasumsikan bahwa jika campuran material *recycle* lebih dari 30% kuat tekan beton akan mengalami penurunan.
- 2) Beton dengan menggunakan perbandingan dan campuran material *recycle* bisa menghasilkan beton dengan kekuatan yang diinginkan (mutu beton rencana 20 MPa), dengan batasan bahwa, campuran material *recycle* tidak lebih dari 30%, karena pada campuran dengan perbandingan material *recycle* 30% kuat tekan beton mengalami penurunan yang cukup signifikan terhadap beton normal.
- 3) Nilai kuat lentur pelat bondek beton konvensional dengan menggunakan material *recycle* mendapatkan nilai rata – rata pada setiap campurannya adalah SCN : 8,31 MPa, SC-R10% : 8,54 MPa, SC-R20% : 8,3 MPa, dan SC-R30% : 7,61 MPa, pada umur beton 28 hari.
- 4) Berdasarkan pengujian kuat lentur pelat bondek, pelat mengalami keruntuhan atau retakan dengan arah vertikal pada titik pembebanan yang merupakan kerusakan lentur.

Saran

Saran untuk penelitian ini agar bisa lebih baik lagi adalah :

- 1) Perlunya referensi yang lebih kompleks sebagai tinjauan pustaka terkait penelitian tentang pelat bondek, dikarenakan masih jarang yang melakukan penelitian ini.

- 2) Pengujian dilakukan menggunakan alat uji yang bisa membaca data lebih detail, bukan sekedar kuat tekan maksimum saja.
- 3) Penambahan variasi campuran beton untuk agregat kasar dan agregat halus.
- 4) Penambahan jumlah benda uji untuk mengantisipasi terjadinya kesalahan terhadap pengujian.
- 5) Penambahan variasi benda uji pelat bondek tanpa *wiremesh*, sebagai perbandingan dengan pelat bondek dengan *wiremesh*.
- 6) Pengujian modulus elastisitas beton pelat untuk melakukan perhitungan secara komposit.
- 7) Pada saat pembuatan benda uji pelat usahakan dalam melakukan penyelesaian pengecoran pada permukaan pelat, dibuat lebih halus dan simetris.
- 8) Perlunya kajian khusus untuk perekatan bondek terhadap beton agar melekat lebih kuat.

Daftar Pustaka

- Aiman, Naufal, Studi Perbandingan Penggunaan Teknologi Pelat Beton Konvensional Dan Pelat Beton Bondek Gedung Ball Room Universitas Muhammadiyah Makassar, *Tugas akhir*, Universitas Hasanudin Makassar, 2013.
- Frans, Nokus, *Analisis Kuat Lentur Balok Dengan Tulangan Kabel Streng*, Skripsi, Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, 2016
- <http://elib.unikom.ac.id>, 2017, *Union Floor Deck W-1000 (Bondek) Dan Wire Mesh*, diakses pada tanggal 12 Mei 2017,
- <http://www.steelindonesia.com>, 2017, *Wiremesh.xlsx-Steel Indonesia*, diakses pada tanggal 12 Mei 2017
- Republik Indonesia.2002.Keputusan Presiden No. 22 Tahun 2002, Tentang Bangunan Gedung, Sekretariat Kabinet RI. Jakarta.
- Sian, Buen, dkk., *Uji Eksperimental Kuat Balok dan Pelat Beton Bertulang Dengan Agregat Kasar dan Halus Beton Daur Ulang*, *Jurnal Teknik Sipil*, Bandung : Universitas Katolik Parahyangan, 2013
- Suryolelono, K.B, 2015. *“Pedoman Penulisan Tugas Akhir dan Penelitian.”* Yogyakarta: Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada, 2007.